

《悬浮载体生物膜速净技术规程》
团体标准编制说明

《悬浮载体生物膜速净技术规程》编制组

2022年8月

目录

1. 项目背景	2
2. 制定标准的必要性和意义	3
3. 标准起草过程	3
4. 标准编制依据、原则和思路	3
4.1 依据	3
4.2 原则	4
4.3 思路	4
5. 悬浮载体生物膜速净技术（BFM）	4
5.1 工艺原理	4
5.2 工艺组成	4
5.3 工艺发展	5
5.4 工艺优势	7
5.5 适用范围	8
6. 悬浮载体物理性能	8
7. 条文说明	9
8. 预处理及配套要求	15
9. 采用装配式实施要求	15

《悬浮载体生物膜速净技术规程》编制说明

1. 项目背景

移动床生物膜法（Moving Bed Biofilm Reactor, MBBR）自上世纪 90 年代率先在挪威应用，之后在全世界 50 多个国家、500 多座污水厂广泛应用。MBBR 应用形式主要有两种，与活性污泥法联用的泥膜复合 MBBR 工艺（简称 S-MBBR），独立使用的纯膜 MBBR 工艺（P-MBBR），国内早期以泥膜复合 MBBR 为主。

泥膜复合 MBBR 自 2000 年初在国内开始推广应用，并于 2008 年首次成功应用于大型污水处理厂——江苏无锡芦村污水处理厂（20 万吨/天）。经过近 20 年推广，国内采用泥膜复合 MBBR 的市政污水处理规模超过 2000 万吨/天。泥膜复合 MBBR 获得了市场的认可，国内已有专门的产品标准《水处理用高密度聚乙烯悬浮载体填料》（CJ/T 461-2014），同时，作为“可靠且广泛应用的技术”被列入《室外排水设计标准》（GB 50014-2021）中，做了概述性描述。

泥膜复合 MBBR 代表性项目包括：

①江苏无锡芦村项目，20 万吨/天，国内首座一级 A 提标改造项目，2008 年首次成功在活性污泥法中镶嵌 MBBR 系统并成功应用，是国内污水处理具有里程碑意义的事件。2020 年环太湖流域污水厂进一步提标中仍采用思普润 MBBR 技术，该示范工程的成功实施为青岛思普润水处理股份有限公司成为 MBBR 龙头企业奠定基础；

②山东青岛李村河项目，25 万吨/天，2010 年进行一级 A 提标，2015 年进行扩建和准 IV 类提标，两次提标改造均采用 MBBR 工艺，该项目被中国环保产业协会评为优秀示范工程；

③浙江宁波新周项目，16 万吨/天，2019 年进行准 IV 类提标改造，是宁波地区首座实现准 IV 类出水的污水厂。该项目通过 MBBR 工艺镶嵌生化段强化反硝化，替代了深床反硝化滤池，以该项目为依托，青岛思普润水处理股份有限公司 MBBR 技术被住建部科技与产业化发展中心鉴定达到国际领先水平；

④山西太原城南项目，20 万吨/天，2019 年进行不停水改造，开发了不停水施工工法，实现带水正常运行情况下的 MBBR 镶嵌，为 MBBR 的实施开辟了新的路径。

随着泥膜复合 MBBR 的大量应用，工程中发现，由于活性污泥存在，悬浮载体生物膜不能充分发挥效能，阻碍系统取得更高的处理负荷和效果；对于部分活性污泥不适合处理的污水，如部分工业或微污染水，市政超低温水、高盐废水等，生物膜法有更优的处理效果。虽然纯膜 MBBR 与泥膜复合 MBBR 有相似性，但区别更加显著：如系统内不富集悬浮态活性污泥、系统内悬浮载体填充率更高对其流化要求更高、脱落生物膜黏性强不易泥水分离需专门设备等。近年，纯膜 MBBR 已逐步开展了工程应用，并在工业废水、微污染水、市政污水领域陆续取得突破，形成了以纯膜 MBBR 为核心，超效分离技术为辅助的新的工艺组合形式，称之为悬浮载体生物膜速净技术，简称 BFM 技术。

省内新建污水处理厂或现有污水厂在提标改造过程中，经常会受到用地限制，BFM 恰好可以在节

省用地的同时取得良好的处理效果，因此，其应用基础和需求在逐渐增大。

2. 制定标准的必要性和意义

技术角度，国内 MBBR 应用十余年，市政污水处理规模超过 2000 万吨/天，但多数采用与活性污泥复合方式，即通常所述泥膜复合 MBBR 工艺。纯膜 MBBR 工艺，不富集活性污泥，属于连续流生物膜法，既区别于泥膜复合 MBBR 工艺，没有活性污泥，又与传统曝气生物滤池类生物膜法不同，不进行反冲洗。山东地区水质上也存在一定的特殊性，青岛、烟台等沿海地区，部分污水厂进水氯离子浓度高，对于生化系统干扰强；南四湖流域，面临自然水体旁位强化处理需求，水质属于微污染水；部分城市内河面临黑臭的困扰，也需要强化处理。因此，急需针对实际需求、水质特定，制定相应的技术标准。市场与环境角度，山东地区拟进行污水厂出水标准的进一步提升，多数面临无新增用地的局面，推广占地省、亩产效益高的技术，对于达成全省水质标准提升，尤其是对于氮磷的进一步严控具有重要意义。

3. 标准起草过程

标准的起草由济南市市政工程设计研究院(集团)有限责任公司、青岛思普润水处理股份有限公司作为主编单位，参编单位由山东公用水务集团有限公司、烟台市辛安河污水处理有限公司、山东建筑大学组成。编制单位涵盖了技术研究、设计开发、施工安装、运维管理等；各单位发挥优势所长，确保标准编制顺利实施。

标准的起草过程经过立项阶段、起草阶段、征求意见阶段、审查阶段、报批阶段、出版阶段，各阶段相关工作有序衔接，相关工作内容符合规定要求。

4. 标准编制依据、原则和思路

4.1 依据

GB50014	室外排水设计标准
CJ/T461	水处理用高密度聚乙烯悬浮载体填料
DB13(J)/T	磁介质混凝水处理技术规程
CJJ60	城镇污水处理厂运行、维护及安全技术规程
GB50275	风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范
GB50231	机械设备安装工程施工及验收通用规范
GB50141	给水排水构筑物工程施工及验收规范
CJJ/T120	城镇排水系统电气与自动化工程技术标准
GB51221	城镇污水处理厂工程施工规范
GB50334	城镇污水处理厂工程质量验收规范
GB/T51231	装配式混凝土建筑技术标准
GB50205	钢结构工程施工质量验收规范
GB50755	钢结构工程施工规范
GB50204	混凝土结构工程施工质量验收规范
GB50666	混凝土结构工程施工规范

GB50017	钢结构设计标准
GB50661	钢结构焊接规范
JGJ18	钢筋焊接及验收规程
JB/T6046	碳钢、低合金钢焊接构件焊后热处理方法
GB50268	给水排水管道工程施工及验收规范
GB/T3323.1	焊缝无损检测 射线检测 第 1 部分：X 和伽马射线的胶片技术
GB/T3323.2	焊缝无损检测 射线检测 第 2 部分：使用数字化探测器的 X 和伽马射线技术

4.2 原则

本文件规定了悬浮载体生物膜速净技术的总体要求、工艺设计、检测与控制、施工与安装、调试与验收、运行与维护等要求。

本文件主要针对处理市政污水、初期雨水、给水及微污染水、点源污染、黑臭水体、工业废水的大、中、小型水处理场站中悬浮载体生物膜速净技术(BFM)的新建、改建、扩建工程的设计、施工、验收及运行维护。

编制过程中本着“科学、合理、系统、适用”的原则，注重标准的适用性、先进性、易读性以及可操作性。

4.3 思路

认真调研、分析了我国水处理目前面临的问题，通过工艺升级，提出了适用性强、灵活度高、集约、稳定、高效、低碳的水处理技术-悬浮载体生物膜速净技术(BFM)。通过调研采用悬浮载体生物膜速净技术(BFM)的水处理项目的设计、施工、运行情况，并参考国内外相关设计标准，提出了适用于 BFM 工艺的总体要求、工艺设计、检测与控制、施工与安装、调试与验收、运行与维护等相关要求。并发布征求意见稿内容，广泛征求涵盖设计、施工、运营等各方面专家意见，并进行修改整合，使《悬浮载体生物膜速净技术规程》更具适用性、先进性、易读性以及可操作性。

5. 悬浮载体生物膜速净技术（BFM）

5.1 工艺原理

悬浮载体生物膜速净技术是一种连续流、集约型生物膜污水净化全流程技术，是集生化与物化处理于一体的完整工艺系统，可对来水中污染物质实现碳、氮、磷全指标稳定达标处理。该技术以纯膜 MBBR 系统为生化单元，以超效分离工艺为膜水分离和深度处理单元，并深度集成智水优控控制系统实现信息化、自动化和智能化运行。

5.2 工艺组成

悬浮载体生物膜速净技术由纯膜 MBBR 工艺（B 段）、超效分离工艺（M 段）和智水优控控制系统（F 段）组成。其中，B 段不富集活性污泥，利用生物膜高效的优点，实现生物池池容节约；M 段通过对传统磁加载沉淀技术改良，实现对于高黏性脱落生物膜的膜水分离，且对于 SS 变化容忍度高，系统省去了传统意义的二沉池，大幅度缩减占地；F 段将污水处理工艺和运行的经验技术，结合物联网、大数据、云计算、人工智能等技术，把专家经验应用到现场的日常运营和管理中，实现污水厂工艺运行的自控化向智能化发展。

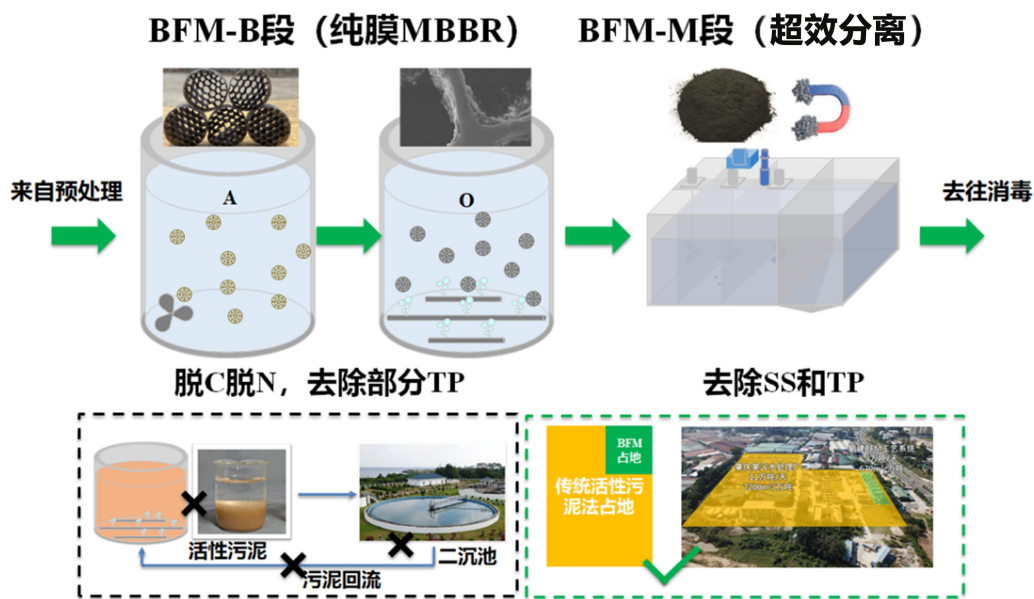


图 1 BFM 工艺原理图

5.3 工艺发展

MBBR 于 1991 年在挪威实现首个工程应用，该水厂至今已稳定运行超过 30 年。2000 年初，MBBR 引入国内，但多局限于研究和生产性验证阶段，工程阶段仍存在卡脖子技术未能突破。2008 年，无锡芦村污水处理厂在国内率先进行一级 A 提标改造，突破了 MBBR 应用的流化、拦截等难题，并采用泥膜复合形式强化活性污泥法处理效果，成功实现了工程应用。无锡芦村成为了首个进行提标改造至一级 A 并成功应用 MBBR 技术的大型污水厂，至今已稳定运行超过 14 年。

截至 2021 年底，MBBR 在国内应用范围已遍布全国 31 省级行政单位，应用体量超过 2500 万吨/天，应用场景涵盖市政污水新改扩建、工业废水处理、村镇污水处理、河道水、饮用水等微污染水处理、黑臭水体治理等。市政污水领域，MBBR 应用规模超过 2000 万吨/天，并作为“应用广泛且运行可靠的工艺”编入《室外排水设计标准》，成为污水厂新改扩建的主流工艺之一，与 MBR 工艺应用规模相当。但因国内应用 MBBR 提标改造应用场景较多，但主要为泥膜复合 MBBR，生化主体工艺上仍属于活性污泥法。随着国内污水厂对于占地要求进一步严格，纯膜 MBBR 形式应用需求日益增多。

MBBR 工艺的优势是可以实现微生物定向培养，借助流化的作用实现微生物的筛选与驯化，通过悬浮载体的专区流化、长泥龄的优势实现微生物高效富集。具有处理性能高、耐冲击能力强、处理效果稳定、运行简易等优势。作为 BFM 工艺的生化工艺单元，纯膜 MBBR 主要执行脱碳、脱氮以及少量溶解性 TP 的去除功能。

纯膜 MBBR 固液分离方式对运行效果、运行稳定性、节地效果有重大影响。其固液分离与活性污泥法有显著差异。活性污泥法生化段 MLSS 在 3000-5000mg/L，经过二沉池出水 SS 一般<50mg/L，运行良好的可<20mg/L，再经过深度处理的混凝沉淀、过滤进一步去除 SS，活性污泥法至少通过 2-3 次固液分离实现 SS 达标处理。纯膜 MBBR 出水 SS 与进水水质、尤其是进水 SS 和 COD 密切相关，以市政

污水为例，纯膜 MBBR 出水 SS 一般为 200-400mg/L，此浓度范围低于活性污泥法生物段污泥浓度、高于活性污泥法二沉池出水。早期，北欧国家采用纯膜 MBBR 时，对于其固液分离进行了多种探索。

1) 纯膜 MBBR+二沉池：纯膜 MBBR 中脱落的生物膜具有 EPS 含量高、黏性大、易内源反硝化上浮等特点，采用二沉池固液分离效果不佳，污泥上浮、跑泥现象严重。如 Lillehammer 污水厂，纯膜纯膜 MBBR 出水直接进入混凝沉淀池，出水 SS 高于 20mg/L。

2) 纯膜 MBBR+气浮：仅当纯膜 MBBR 进水 SS 和 BOD 较低时，可直接在气浮中进行固液分离并不设二沉池，如污水厂尾水的深度处理或微污染水处理等；国外纯膜 MBBR 应用，有部分工程案例是在二级生化+二沉池之后，进入纯膜 MBBR 进行深度脱氮，采用了纯膜 MBBR+气浮方式，如 Sjolunda 污水厂，在纯膜 MBBR 后置反硝化池之后加入气浮工艺。若直接处理市政污水，无法满足固液分离要求；国外对于 SS 标准要求相对国内低，主要是 SS 会对 TN 和 TP 产生影响，并未直接限制 SS 浓度或 SS 标准相对宽松，这也是纯膜 MBBR+气浮得以部分应用的关键要素；对于常规市政污水处理，纯膜 MBBR 后接续单级气浮时，因气浮难以承受较高的固体通量负荷，设计时其水力负荷较常规气浮进一步降低，且出水 SS 均值仅能保证在 50mg/L 以下，良好的设计、设备和运行可能达到 30mg/L 以下；

通过实际工程实践表明，单独使用气浮、强化沉淀等方式固液分离效果不佳，需继续串联其他固液分离工艺才可能满足一级 A 对于 SS 的要求。

3) 纯膜 MBBR+二沉池+气浮：主要利用二沉池进行 SS 的削减，然后采用气浮工艺进一步降低 SS；挪威 Gardermoen 污水厂，固液分离采用“混凝沉淀池+气浮”组合工艺，实际出水 SS 均值为 12mg/L，与国内一级 A 标准要求瞬时值和混合样<10mg/L 有较大差距；同时气浮表面负荷仅 4~8m³/m²/h，占地指标进一步扩大；

4) 纯膜 MBBR+二沉池+气浮+过滤：为解决气浮出水 SS 不稳定、并要达到一级 A 要求的 10mg/L 以下的问题，气浮后增加过滤工艺，建议为砂滤，最终在过滤工艺的保障下实现 SS 的稳定；

5) 纯膜 MBBR+一级气浮+二级气浮+过滤：通过一级气浮削减 SS 浓度，达到传统二沉池出水水平，但此流程占地大、流程长、运行费用高、投资不经济；尚未有相关工程报道；

6) 纯膜 MBBR+传统加载沉淀：鉴于纯膜 MBBR 中脱落的生物膜具有 EPS 含量高、黏性大、易内源反硝化上浮等特点，故应采用停留时间短、水力负荷高的快速固液分离技术；脱落生物膜对于加载介质包裹能力强，介质分离回收困难，限制了传统加载沉淀技术在纯膜 MBBR 固液分离的应用；加载沉淀的开发及应用较晚，尤其是磁混凝沉淀方式，2010 年后在国内逐步应用；国外对于 SS 指标要求相对宽松，磁混凝沉淀对于 SS 的高效处理能力在国外应用的报道较少，反而在国内有大量应用案例，满足国内要求严格的一级 A 或更高水平的排放标准；这也为 BFM 在国内的创新形成和应用奠定了基础；

7) 纯膜 MBBR+超效分离：针对纯膜 MBBR 脱落生物膜的理化性质，对传统磁混凝沉淀技术进行改良，关注脱落生物膜对于介质回收的影响，强化介质分离、回收，形成改良磁混凝沉淀技术-超效分离，磁粉回收率>99%；超效分离对于进水 SS 容忍度高，可满足平均 800mg/L 或以上水质，短时耐受冲击的 SS 浓度可达到 2000mg/L 以上，完全覆盖了纯膜 MBBR 出水 SS 范围，出水可稳定达到一级 A

标准；如广东肇庆某项目，出水执行一级 A 排放标准，经过超效分离之后无需过滤工艺，直接消毒外排，已稳定运行 2 年；投资不设限时，可增加简单过滤工艺，如滤布滤池，进一步强化保障性；

综上，纯膜 MBBR 的固液分离，不宜采用传统沉淀池，可不设传统意义上的二沉池，采用超效分离技术，一次固液分离达到要求；当对于出水 SS 要求不高时，如 $SS < 50\text{mg/L}$ ，也可采用纯膜 MBBR+气浮的技术路线，纯膜 MBBR 与超效分离技术同时具备高效的优势，在出水实现稳定达标的前提下实现用地的集约。由于 BFM 工艺停留时间短，所以对于控制灵敏性、精确性、及时性有了更高的要求，因此需要增加自动控制系统，以强化工艺运行稳定性、耐冲击能力，并实现节能降耗。

5.4 工艺优势

1) 处理标准高，可稳定达到 GB18918-2002 一级 A 及更严格出水标准（如准 III、准 IV、准 V 等），最优可实现出水氨氮 $< 0.5\text{mg/L}$ ，出水 $TN < 5\text{mg/L}$ ，出水 $TP < 0.05\text{mg/L}$ ；烟台辛安河项目已稳定实现 $TN < 5\text{mg/L}$ 的目标；

2) 占地省、亩产效益高，生物膜高效稳定，省去传统意义二沉池，大幅度缩减了全系统占地，占地 $< 0.35 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$ ，占地较传统污水厂节约 70-80%；用不足 30%的用地解决 100%的污水增量问题，实现“亩产效益”提升 3~5 倍；

3) 抗冲击负荷能力强，生物膜具有富集专性菌种特点，对于硝化菌富集能力是活性污泥法 10 倍以上，系统具有较强的抗冲击负荷能力；超效分离能够容纳进水 SS 超过 1000mg/L ，且单组所能承受最大负荷可达实际设计负荷的 2 倍，抗水质水量冲击性能强；BFM 同步加载智水优控平台，让系统应对冲击更上一层楼，游刃有余；

4) 运行费用低，核心缺氧区流化通过水力模拟优化布置，并采用思普润特制悬浮载体专用搅拌器，使悬浮载体流化动力仅为 $5-15\text{w/m}^3$ ，较国外报道($10-30\text{W/m}^3$)大幅降低 50%；智水优控平台的加载，可节约 30%以上的运行药费和 20%以上运行电费，整体实现 25%以上的运行费用节省，实现精准控制；与其他集约型工艺项目，BFM 可降低 25%以上直接运行费用；与传统活性污泥法相比，BFM 运行费用相当或略低；

5) 实施周期短，通过装配式建设，工期可压缩至 60 天以内；土建模式，因占地池容大幅度缩小，减少了土建施工量，大幅压缩了工期；

6) 运行维护简便，BFM 工艺核心组件使用寿命超过 15 年，无需频繁检修更换；悬浮载体使用 HDPE 材质、拦截筛网关键部位采用新型高分子材质，摩擦系数高，防止筛网磨损、通过池型优化升级以及池内关键部位增加内衬，防止墙壁磨损、好氧区采用穿孔曝气形式，无堵塞检修风险；HDPE 材质国内芦村使用超过 14 年，无补投，国外应用超 30 年；团岛采用全池穿孔曝气形式，已运行 12 年未更换；穿孔曝气在悬浮载体高填充率作用下，通过悬浮载体流化切割作用，可提高穿孔曝气的利用率与微孔曝气相当；


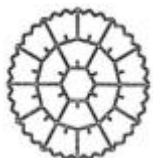
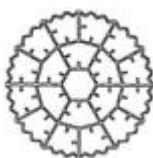
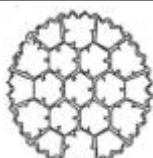
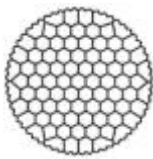

7) 智慧化水平高，通过加载智水优控平台，实现全过程的信息化、自动化、智慧化集成，简化运行维护，节约运行成本。

5.5 适用范围

BFM 工艺适用于处理市政污水、初期雨水、给水及微污染水、点源污染、黑臭水体、工业废水的新建、改建、扩建项目。

6. 悬浮载体物理性能

表 1 悬浮载体的物理性能

类别	有效比表面积 m ² /m ³	填料密度 g/cm ³	空隙率 %	抗压强度 N/mm	压缩回弹率%	磨损率 %	破损率 %	示意图
A 类填料	350	0.94~0.97	90	-	-	-	5	
	450	0.94~0.97	92	0.21	95	19		
	550	0.94~0.97	92					
B 类填料	620	0.94~0.97	92	0.18	95	25		
	800	0.94~0.97	90	0.25				75
	800			0.2	95			
	800		91	0.32	93	18		
	800			0.14				
C 类填料	1200	0.94~0.97	90	0.14	62	25		
	1200		70	-	-	-		

7. 条文说明

为便于广大施工、监理、设计、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据及执行中需注意的有关事项进行了说明。

7.1 本条是关于 BFM 工艺适用条件的说明

我国寒冷地区、高原地区密布。部分污水厂冬季最低水温有小于 12℃的情况，应选用耐受低温的处理技术。BFM 工艺在西藏地区应用，最低水温为 3℃；BFM 工艺在山西、内蒙地区案例，最低水温为 6℃，适用于低温污水处理。

7.2 本条是关于 BFM 工艺序列数的说明

根据国内污水厂的设计和运行经验，生化段处理构筑物的序列数不宜少于 2 组，宜按并联设计。但限于客观条件制约，也可设置 1 组，如天津某市政污水厂，设计水量 $1.25 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ ，生化段仅有 1 组序列。实际建设时，考虑检修等情况，如条件允许，建议增加 1 组备用池，以使运行更为可靠稳定。对于超效分离单元，每个项目应设置至少 2 组超效分离工艺，考虑设备检修、清洗斜板等单组停运时，通过另一组的运行，在不减产的情况下保障出水水质的稳定性。

7.3 本条是对于装配式建设形式的说明

我国污水厂建设多采用混凝土现场浇筑的形式。随着装配式建设形式的快速兴起，其与土建形式相比，具有模块化、标准化、轻量化、快速化的等优点，可以很好适应各类污水处理设施的建设需求，尤其适用于应急等对于施工时间要求紧张的工艺构筑物建设。

7.4 本条是对于 BFM 工艺占地的说明

BFM 工艺的占地指标，为水处理线，包含从预处理一直到最终排放的所有构筑物占地，不包含功能车间、绿化等占地。

7.5 本条是关于 BFM-B 段工艺形式的说明

B 段工艺应用形式与污染物去除需求相关。好氧区主要功能是脱碳和硝化，所以当仅需要去除有机物或氨氮时，采用纯曝气的形式；缺氧区的主要功能是反硝化脱氮，所以当同时需要脱氮时，应增加缺氧区的设置，具体的应用形式与原水 C/N 和脱氮要求有关：当系统 TN 去除率 $\leq 70\%$ 时，当主要考虑原水碳源进行脱氮时，宜采用 AO 工艺，当主要考虑外投碳源进行脱氮时，宜采用 OAO 的工艺形式，可以免去硝化液回流，节能降耗；当系统 TN 去除率 $\geq 80\%$ 或出水 $\text{TN} \leq 12 \text{mg/L}$ 时，宜采用 AOA 或多级 AO 工艺，此时通过后 A 的设置，可以破除传统 AO 工艺中硝化液回流比对于 TN 去除的限制，从而获得高 TN 去除效果；后好氧段的设置，主要防止缺氧投加碳源过量，确保出水 COD 指标合格。

7.6 本条是 B 段采用表面污染物去除负荷设计的说明

MBBR 不宜采用污泥负荷作为设计参数主要原因在于，悬浮载体富集生物膜，传质对于效果影响较大，而传质是界面过程，与表面积密切相关；同时生物膜生物量测定困难，准确性差，且与水质及组成密切相关，数值变化范围大且不稳定。MBBR 不宜采用容积负荷作为设计参数，主要原因在于一方面受悬浮载体填充率影响，容积负荷随之改变，表述复杂；另一方面，悬浮载体型号不同，相同填充率下其容积负荷也不相同。根据已运行污水厂调研，各项目悬浮载体生物膜表面污染物去除负荷具有较好的规律性，应作为 MBBR 的设计参数。

7.7 本条是 B 段对于脱碳负荷的说明

对于以脱碳为核心的区域，其表面负荷应根据 BOD₅ 的去除要求进行合理取值。设计时应根据经验取值，如特殊水质，宜根据试验进行确定。调研国内污水厂的悬浮载体 BOD₅ 表面负荷如表 2 所示。

表 2 12°C 时实际案例脱碳负荷

序号	项目	BOD ₅ 去除率 (%)	BOD ₅ 表面负荷 (gBOD ₅ /m ² /d)
1	山东某工业水处理项目	75	18.125
2	青岛某市政污水处理项目	96	7.575
3	安徽某市政尾水处理项目	94	2.125

7.8 本条是 B 段对于硝化负荷的说明

硝化负荷主要与进水氨氮负荷、进水有机物负荷、出水氨氮浓度、系统分级数等具体参数有关，设计时应根据经验取值，如特殊水质，宜根据试验进行确定。进水氨氮浓度高、有机物负荷低、出水氨氮标准低时，可取上限，反之可取下限。调研国内污水厂的悬浮载体硝化表面负荷如表 3 所示。

表 3 12°C 时实际案例硝化负荷

序号	项目	氨氮去除率 (%)	硝化表面负荷 (gNH ₄ ⁺ -N/m ² /d)
1	山东某制药废水处理项目	83	1.036
2	烟台某市政污水处理项目	94	0.654
3	潍坊某市政尾水处理项目	70	0.143
4	长春某市政污水处理项目	97	0.343

7.9 本条是 B 段对于反硝化负荷的说明

反硝化负荷主要与碳源（原水碳源、外投碳源）、出水硝氮浓度有关，设计时应根据经验取值，如特殊水质，宜根据试验进行确定。调研国内污水厂的悬浮载体反硝化表面负荷如表 4 所示。

表 4 12°C 下反硝化负荷取值

序号	项目	反硝化区位置	是否投加碳源	反硝化表面负荷 ($\text{gNO}_x\text{-N/m}^2\text{/d}$)
1	广东四会某市政污水改建项目	前置	否	0.214
2	广东四会某市政污水改建项目	前置	是	0.534
3	烟台某市政污水处理项目	前置	否	0.576
4	山东某污水厂原水反硝化中试	-	是	1.975
5	吉林某污水厂二沉池尾水脱氮中试	-	是	0.251

7.10 本条是 B 段对于填充率的说明

MBBR 以表面污染物去除负荷作为设计依据，在有效比表面积确定的条件下，其容积负荷与填充率有关。填充率越高，一定区域内的悬浮载体的总有效表面积越高，则容积负荷越高，处理能力越强，进而占地就越小。所以，为实现更大的生化段高效集约，新建项目填充率应尽可能高，但根据工程经验不应高于 67%，以免悬浮载体的流化受限。对于改建项目，由于原池池容已确定，无需考虑节地需求，故为了降低工程量，可根据实际情况适当降低填充率，但考虑氧利用率问题，好氧区填充率不应低于 25%。调研国内污水厂的悬浮载体填充率如表 5 所示。

表 5 污水厂各区域填充率

项目名称	规模 ($\text{万 m}^3\text{/d}$)	类型	好氧区填充率 (%)	缺氧区填充率 (%)
广东东莞某水质净化厂	260	改建	40%	/
广东肇庆某污水厂	3	新建	50%	/
广东肇庆某污水厂	3	改建	40%	25%
烟台某项目	1	新建	60%	55%

7.11 本条是 B 段对于各功能区 HRT 的说明

纯膜 MBBR 工艺各区域水力停留时间应根据有效池容和水量进行核算，但考虑实际生物膜的反应速率，保障出水水质的稳定性，核心功能区的 HRT 不宜低于 30min；对于多级 AO 工艺，最后一级好氧区的主要功能的去除上一级缺氧区可能存在过量碳源投加，保障出水 COD 稳定性，故 HRT 有所降低，但不宜小于 15min。

7.12 本条是 B 段对于池型的说明

MBBR 工艺中悬浮载体会随着水流移动，宜控制合适的水平流速和长宽比，以促进悬浮载体的纵向循环流态，保障悬浮载体分布的均匀性，避免其在拦截筛网处堆积。对于矩形池体，可以采用短边布水，也可以采用长边布水，整体上布水边与非布水边的比宜为 1:5~8:1。对于圆形池体的水平流速是指最大断面流速。如上海某污水厂，采用矩形池体，其水平流速为 50m/h；成都某污水厂池体布水边与非

布水边比为 1:5.3，天津某污水厂池体布水边与非布水边比为 1：2.4；浙江丽水某污水厂池体布水边与非布水边比为 8.9：1。

7.13 本条是 B 段设备系统组成说明

悬浮载体是 B 段的核心，为微生物的附着提供空间；进出水系统主要由布水设施和拦截筛网组成，其中拦截筛网的作用是将悬浮载体有效的持留在特定的区域；流化系统包括推流器和曝气设施，为悬浮载体的流化提供动力来源。

7.14 本条是 B 段悬浮载体选型的说明

MBBR 以表面污染物去除负荷作为设计依据，所以在系统传质传氧得以保证的情况下，总有效表面积（ m^2 ）越大，则系统的处理能力（ g/d ）就越强。而在悬浮载体体积（ m^3 ）一定的情况下，系统总有效表面积与悬浮载体有效比表面积（ m^2/m^3 ）相关。因此在传质传氧不受影响的情况下，宜优先选择悬浮载体有效比表面积较大的型号，从而获得更高的处理能力，降低占地。

7.15 本条是 B 段对于拦截筛网的说明

拦截筛网主要功能是确保悬浮载体有效滞留。拦截筛网的孔直径应小于悬浮载体填料直径，保证有效拦截。宜采用不锈钢或复合材质，以提高拦截筛网的使用寿命。应保障开孔率 $\geq 40\%$ ，以提高拦截筛网的过水能力，降低投资。

7.16 本条是 B 段对于拦截筛网应用形式的选择说明

拦截筛网的应用形式以及设置位置应根据生物池整体池型、流化装备等进行优化布置，需统筹考虑筛网过水能力以及磨损情况，以防止悬浮载体在拦截筛网处发生堆积堵塞以及泄露等关键问题。

7.17 本条是 B 段好氧区悬浮载体流化动力来源的说明

好氧区生物池采用非循环流池型，可通过池型设置仅利用曝气实现悬浮载体的均匀流化；生物池采用循环流池型时，好氧区宜在曝气的基础上增加推流搅拌器，以促进悬浮载体在廊道内的推进。

7.18 本条是 B 段对于推流搅拌器的补充说明

为实现悬浮载体的低耗流化，同时有效保护悬浮载体生物膜，所使用的推流搅拌器桨叶直径不宜低于 1.0m，转速不宜高于 120rpm。同时为了防止与悬浮载体的碰撞导致桨叶损坏，提高推流搅拌器的使用寿命，桨叶材质宜采用不锈钢材质。

7.19 本条是 B 段对于低温的应对措施说明

MBBR 工艺微生物以生物膜的形式完成污染物的去除，通过 MBBR 工艺装备保障实现了悬浮载体生物膜的专性培养、富集与优化，使更多的微生物能够适应水质环境，提高了生物活性，相比于活性污泥法，具有较强的抗低温性能，如西藏某项目，设计水温 3℃，依然能够保障出水水质的稳定性。但根

据国内外工程经验。当设计水温低于 3°C 时, MBBR 运维难度有所提高, 此时宜增加保温或者增温措施。

7.20 本条是 M 段对于工艺流程的说明

超效分离工艺由反应单元、沉淀单元、磁介质回收单元组成。其中反应单元主要是投加药剂, 通过搅拌使其与原水充分混合, 生成磁絮体, 包括混合反应池、磁介质加载池、絮凝反应池; 沉淀单元主要是完成泥水分离, 由斜管(板)沉淀池构成; 磁介质回收单元主要是实现磁介质的回收利用, 包括高剪机和磁分离机。

7.21 本条是 M 段对于水力负荷的说明

超效分离工艺通过磁介质的投加强化了泥水分离效果、加速了泥水分离时间, 故该工艺的水力负荷与固体通量高于普通混凝沉淀, 但根据实际工程应用显示, 其水力负荷不宜高于 $25\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 固体通量不宜高于 $20\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。如广东湛江某项目, 平均水力负荷 $17.41\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$; 青岛某 BFM 项目, 实际运行固体通量为 $18\text{kg}/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。

7.22 本条是 M 段对于 HRT 和速度梯度值的说明

混凝过程为物理化学过程, 反应较快, 如广东肇庆某项目, 混合反应池 HRT 为 2.5min, 速度梯度值为 650s^{-1} , 磁介质加载池为 2.5min, 速度梯度值为 400s^{-1} , 絮凝反应池为 3.1min, 速度梯度值为 160s^{-1} 。

7.23 本条是 M 段对于反应单元的说明

混合反应池、磁介质加载池、絮凝反应池应分别投加混凝剂、磁介质和絮凝剂。一般情况下, 超效分离工艺的核心功能是去除 TP 和 SS, 当进水存在生化段难以去除的有机物时, 可在该工艺段增加活性炭吸附池, 通过投加活性炭, 以实现难降解 COD 的去除。

7.24 本条是 M 段对于磁介质回收单元的说明

磁介质回收单元主要是完成磁介质的回收, 是决定超效分离工艺经济效益的关键部分。

7.25 本条是 M 段对于磁分离机的补充说明

为提高磁介质回收效率, 磁分离机宜选用高梯度磁分离机。高梯度磁分离机是指工作磁场中对磁性矿物产生吸附的聚磁介质为较细或者微米级直径的磁分离设备, 其能够对微细粒磁性矿物产生较大的磁场吸附力, 磁感应强度可达 1000mT 以上, 从而保证磁介质回收效果。

7.26 本条是 M 段对于高剪机材质的说明

高剪机是磁介质回收单元重要组成部分。其作用是通过高剪机配套的高速旋桨叶头将含有磁介质的污泥絮体打碎, 为磁分离机的高效回收磁介质作铺垫。为了提高设备使用寿命, 高剪机筒体宜采用不低于 SS316L 材质, 桨叶选用钛合金或高铬合金等耐磨材质。

7.27 本条是 BFM 工艺对于污泥产量的计算说明

MBBR 生化污泥量主要与进出水 SS 以及进出水有机物浓度有关，青岛某 BFM 项目根据断面法测定表观污泥产率系数 Y_{obs} 为 0.52kgSS/kgBOD_5 。

7.28 本条是 B 段关于曝气量计算的说明

好氧区的曝气量主要根据污染物的去除需求进行确定。

7.29 本条是 B 段关于曝气设施的说明

好氧区为促进悬浮载体的流化，宜采用穿孔曝气的方式，为提高穿孔曝气的氧利用率，宜增加气液接触时间，好氧区有效水深不宜低于 6m。当水深 $\leq 5\text{m}$ 时且填充率低于 30%时，为保障好氧区的氧利用率，此时宜在穿孔曝气的基础上分出一部分气量采用微孔曝气的形式。

7.30 本条是 B 段关于曝气方式的说明

好氧区曝气系统除了为好氧微生物供氧之外，还需为悬浮载体的流化提供动力，根据实际工程经验，应采用鼓风曝气方式。

7.31 本条是 B 段关于穿孔曝气管的说明

采用穿孔管曝气，为了提高曝气设备的使用寿命，宜采用 ABS 或不锈钢耐用材质。

7.32 本条是 B 段关于 DO 的补充说明

生物膜法污染物的去除依靠传质传氧，为保障高去除效果，提高传氧性能，好氧区 DO 宜为 $2\sim 6\text{mg/L}$ 。

7.33 本条是 BFM 工艺关于施工配水、配气的要求

配水方面：可调堰板密封面应严密，堰、堰板出水应均匀。堰板与基础的接触部位应严密、无渗漏；堰板的厚度应均匀一致，外形尺寸应对称并分布均匀；堰板安装应平整、垂直、牢固；堰的齿口接缝应严密；配气方面：曝气设备管路安装完毕后应吹扫干净，曝气设备的出气孔不应堵塞。微孔曝气设备应做清水养护及曝气试验，出气应均匀，无漏气现象；曝气设备的连接应紧密，管路安装应牢固、无泄漏。

7.34 本条是 B 段关于悬浮载体投加的说明

为保障悬浮载体挂膜效果，挂膜时水温不宜低于 10°C ，同时在悬浮载体生物膜培养初期，宜采用间歇进水闷曝的方式以加速挂膜，待有生物膜附着且具备一定的生物处理效果时转为连续流运行。如水温低于 10°C 或属于应急项目时，宜投加挂膜成熟的悬浮载体。

7.35 本条是 B 段关于液位情况的说明

液位差是反映筛网是否正常通水的参数，通过在线液位计和人工巡视相结合的方式关注生物池的液位是否上升。一般情况下，好氧区拦网前后液位差应该在 10cm 内；如水位上升超过设计水位一定值时（工艺型式不同，水位上升限值要求不同，各项目根据具体情况判定），应开启或加大填料拦截装置前的吹扫气量，找到问题症结所在，及时排除故障点。而当水位超过设计水位较多时（工艺型式不同，水

位上升限值要求不同，各项目根据具体情况判定），应减少进水和内外回流，液位恢复正常并排除故障10 分钟后再恢复正常生产。

8. 预处理及配套要求

以 BFM 工艺为核心的水处理工艺流程，宜采用 0。



图 2 以 BFM 工艺为核心的水处理工艺流程

注：根据待处理水质特点以及处理后去向选择预处理及其他后续工艺。以市政污水处理为例，当出水执行一级A标准时，BFM工艺出水经过消毒后即可外排；当进水难降解有机物浓度高或出水COD排放标准高时，宜在BFM工艺后增加深度处理工艺，深度处理工艺可选用高级氧化等深度脱碳工艺；当出水SS、TP要求较高、且用地和投资均不受限时，深度处理工艺可选择滤池工艺。

污水进入 BFM 工艺前，宜进行预处理，工艺流程宜采用图 3：当进水 SS<300mg/L 时，可不设初沉池；当进水 SS 在 300-500mg/L 时，宜设初沉池；当进水 SS>500mg/L 时，应设初沉池。



图 3 预处理工艺流程

预处理细格栅栅距应 $\leq 3\text{mm}$ ，宜选用网孔板细格栅。

预处理其他要求参照《室外设计排放标准》（GB50014-2021）执行。

采用 BFM 工艺的污水处理厂供电系统应按二级负荷设计。重要的污水处理厂内的重要部分应按一级负荷设计。

9. 采用装配式实施要求

采用装配式方式时，施工应符合以下规定：

装配式污水处理设施施工使用的原材料、半成品、构件、设备等的规格、尺寸和质量应符合国家现行有关标准的规定和设计文件的要求，不得使用国家明令禁用、淘汰的产品。进入施工现场时应进行进场验收，按照种类、规格、批次分开存储与堆放，并应标识清晰，做好相应保护工作；

装配式污水处理设施的施工与验收应符合本规范和现行国家标准《城镇污水处理厂工程施工规范》GB51221、《城镇污水处理厂工程质量验收规范》GB50334、《装配式混凝土建筑技术标准》GB/T 51231、《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205、《钢结构工程施工规范》GB50755、《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的有关规定；

现场拼装池体应按定位放线、检查基础平整度、拼装底板模块、拼装转角模块、拼装墙板与抗弯立柱模块、紧固螺栓及密封件、安装拉压构件模块、顶板模块（根据实际需求选择安装）的顺序进行现场装配；

装配式污水处理设施施工前，宜选择有代表性的单元进行试安装和相关性能测试，并应根据试安装结果及时调整施工工艺、完善施工方案；

地基应满足装配式污水处理设施的地基承载力、变形和稳定性要求；

采用钢筋混凝土底板时，应采用抗渗混凝土，底板施工应符合《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204-2015 的规定；

基础顶面直接作为柱的支承面、基础顶面预埋钢板或支座作为柱的支承面时，其支承面、地脚螺栓（锚栓）的允许偏差应符合表 6 的规定，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666 及《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定。

表 6 支承面、地脚螺栓（锚栓）的允许偏差（mm）

项目		允许偏差
支承面	标高	±3.0
	水平度	1/1000
地脚螺栓（锚栓）	螺栓中心偏移	5.0
	螺栓露出长度	±30.0
	螺纹长度	±30.0
预留孔中心偏移		10.0

锚栓及预埋件安装应符合下列规定，并符合《钢结构设计标准》GB 50017 的规定：

- a. 宜采用锚栓定位支架、定位板等辅助固定措施；
- b. 锚栓和预埋件安装到位后，应可靠固定；当锚栓埋设精度要求较高时，可采用预留孔洞、二次埋设等工艺；
- c. 锚栓应采取防止损坏、锈蚀和污染的保护措施；
- d. 钢柱地脚螺栓应按相关规定进行紧固，对于外露的地脚螺栓应采取防止螺母松动和锈蚀的措施；
- e. 当锚栓需要施加预应力时，可采取后张拉法，张拉力应符合设计文件的要求，并在张拉完成后进行灌浆处理。

采用装配式方式时，安装应符合以下规定：

构件吊装应符合下列要求：

- a. 构件应按照吊装顺序预先编号，吊装时应严格按编号顺序起吊；
- b. 构件应采用慢起、稳升、缓放，起吊过程中构件应保持平稳，不得出现倾斜和扭转；
- c. 构件在吊装过程中，宜设置缆风绳控制构件在空中位置和转动；
- d. 遇到雨、雪、雾天气，或者风力大于 6 级时，不得进行吊装作业；

构件吊装就位后，应及时校准并采取临时固定措施。构件就位校核与调整应符合下列规定：

- a. 构件安装后，应对安装位置、安装标高、垂直度进行校核与调整；对相邻构件平整度、高低差、拼缝尺寸进行校核与调整；
- b. 临时固定措施、临时支撑系统应具有足够的强度、刚度和整体稳固性，应按现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB 50666、《钢结构工程施工规范》GB50755 的有关规定进行验算。

混凝土预制构件采用高强螺栓连接时，在构件制作时预埋连接用的螺杆和锚固板，待构件按照顺序吊装临时固定满足要求后，使用套管将两个构件的螺栓进行连接，高强螺栓的紧固方式和紧固力应符合设计要求，并应对外露铁件采取防腐措施；

钢结构预制构件宜采用焊接连接，焊接应符合《钢结构焊接规范》GB50661、《钢结构工程施工规范》GB50755、《钢筋焊接及验收规程》JGJ18 的相关规定，采用焊接连接时，应采取避免损伤已施工完成的结构、预制构件及配件的措施。

钢结构预制构件采用螺栓紧固连接施工时，螺栓紧固件的性能等级不应低于 4.8 级，紧固力矩应在 25Nm~48Nm 的范围内并应符合《钢结构工程施工规范》GB50755 的相关规定。

构件接缝防水处理应编制专项方案，所采用的施工方法满足设计要求并组织专家咨询论证，并应符合下列规定：

- a. 防水施工前，应将构件缝隙清理干净；
- b. 应按设计要求填塞背衬材料；
- c. 密封材料嵌填应饱满、密实、均匀、顺直、表面平滑，其厚度、强度应满足设计要求。

焊接施工宜采用预留焊接收缩余量或预置反变形方法控制收缩和变形，收缩余量和反变形值宜通过预估计算或试验确定。

焊后消除应力处理应符合下列规定：

a. 设计文件或其他文件对焊后消除应力有要求时，需经疲劳验算的结构中承受拉应力的对接接头或焊缝密集的节点或构件，宜采用电加热器局部退火和加热炉整体退火等方法进行消除应力处理；

b. 焊后热处理应符合国家现行标准《碳钢、低合金钢焊接构件焊后热处理方法》JB/T6046 的规定；

c. 用锤击法消除中间焊层应力时，应使用圆头手锤或小型震动工具进行，不对根部焊缝、盖面焊缝或焊缝坡口边缘的母材进行锤击。

采用钢板作为底板的钢结构装配式构筑物，须严格控制底部焊缝质量，所有焊缝必须保证 100%满焊，焊缝的尺寸偏差、外观质量和内部质量应按现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205 和《钢结构焊接规范》GB50661 的规定要求进行检验。

采用钢筋混凝土作为底板的钢结构装配式构筑物，须控制预埋板下部止水钢板的焊接质量，同时采用合适的焊接工艺和焊接顺序使构件的变形和收缩量最小：

- a. 止水钢板与预埋板的焊缝宜双面对称焊接；
- b. 长焊缝宜采用分段退焊法或多人对称焊接法；
- c. 构件焊接宜采用跳焊法，避免构件局部热量集中。

装配式污水处理设施防水层、防腐层施工应符合下列规定：

a. 防水层、防腐层施工应在满水试验和气密性试验合格后、设备尚未安装前进行；

b. 防水层、防腐层所用材料的品种、规格、性能应符合国家现行标准和设计要求；涂装层厚度等技术指标应符合设计要求；当设计无要求时，涂料类材料的涂刷不应少于一底二面；

c. 施工前应进行基层表面处理，并应在隐蔽工程验收合格后方可进行下道工序；混凝土构件基层表面应平顺整洁、无浮浆，钢结构构件应进行除锈、防锈处理；

d. 突出池壁的管件、出水口、阴阳角等部位，应在大面积涂装前做附加层且应平缓过渡；

e. 防水、防腐涂料应涂刷均匀，涂层不应有脱皮、漏刷、流坠、皱皮、厚度不均、表面不光滑等现象。

采用装配式方式时，验收应符合以下要求：

基础顶面直接作为柱的支承面、基础顶面预埋钢板或支座作为柱的支承面时，其支承面、地脚螺栓（锚栓）的允许偏差应符合表 7 的规定，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666 及《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204 的规定。

表 7 支承面、地脚螺栓（锚栓）的允许偏差（mm）

项目		允许偏差
支承面	标高	±3.0
	水平度	1/1000
地脚螺栓（锚栓）	螺栓中心偏移	5.0
预留孔中心偏移		10.0

地脚螺栓（锚栓）规格、位置及紧固应满足设计要求，地脚螺栓（锚栓）的螺纹应有保护措施，且尺寸的偏差应符合表 8 的规定。

表 8 地脚螺栓（锚栓）尺寸的允许偏差（mm）

螺栓（锚栓）直径	项目	
	螺栓（锚栓）外露长度	螺栓（锚栓）螺纹长度
$d \leq 30$	0+1.2d	0+1.2d
$d > 30$	0+1.0d	0+1.0d

设计要求顶紧的构件或节点、钢柱现场拼接接头接触面不应少于 70%密贴，且边缘最大间隙不应大于 0.8mm。

焊缝内部缺陷的无损检测应符合下列规定：

a) 采用超声波检测时，超声波检测设备、工艺要求及缺陷评定等级应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 的规定；

b) 当不能采用超声波探伤或对超声波检测结果有疑义时，可采用射线检测验证，射线检测技术应符合现行国家标准《焊缝无损检测射线检测第 1 部分：X 和伽马射线的胶片技术》GB/T3323.1 或《焊缝无损检测射线检测第 2 部分：使用数字化探测器的 X 和伽马射线技术》GB/T3323.2 的规定，缺陷评定等级应符合现行国家标准《钢结构焊接规范》GB50661 的规定；

c) T 形接头、十字接头、角接头等要求焊透的对接和角接组合焊，其加强焊脚尺寸不应小于 $t/4$ 且不大于 10mm，其允许偏差为 0-4mm。

检查数量：资料全数检查，同类焊缝抽查 10%，且不应少于 3 条。

检验方法：观察检查，用焊缝量规抽查测量。

混凝土预制构件底部水平接缝座浆强度应满足设计要求，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666 的规定。

检查数量：按批检验，以每组水池为一检验批，每工作班同一配合比应制作 1 组且每组水池不应少于 3 组边长为 70.7mm 的立方体试件，标准养护 28d 后进行抗压强度试验。

检验方法：检查座浆材料强度检验报告及评定记录，并应符合现行国家标准《混凝土结构工程施工规范》GB50666 的规定。

混凝土预制构件采用螺栓连接时，螺栓的材质、规格、拧紧力矩应符合设计要求及现行国家标准《钢结构设计规范》GB 50017 和《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

检查数量：全数检查。

检验方法：应符合现行国家标准《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205 的规定。

混凝土预制构件水池分项工程的外观质量不应有严重缺陷，且不得有影响结构性能和使用功能的尺寸偏差。

检查数量：全数检查。

检验方法：观察、量测；检查质量验收记录。

焊缝外观质量应符合《钢结构工程施工质量验收标准》（GB50205-2020）表 5.2.7-1 和 5.2.7-2 的规定。

检查数量：承受静荷载的二级焊缝每批同类型构件抽查 10%，承受静荷载的一级焊缝和承受动荷载的焊缝每批同类型构件抽查 15%，且不应少于 3 件；被抽查构件中，每一类型焊缝应按条数抽查 5%，且不应少于 1 条；每条应抽查 1 处，总抽查数不应少于 10 处。

检验方法：观察检查或使用放大镜、焊缝量规和钢尺检查，当有疲劳验算要求时，采用渗透或磁粉探伤检查。焊缝外观检验应使用焊缝检验尺。

焊缝外观尺寸应符合《钢结构工程施工质量验收标准》（GB50205-2020）表 5.2.8-1 和 5.2.8-2 的规定。

检查数量：承受静荷载的二级焊缝每批同类型构件抽查 10%，承受静荷载的一级焊缝和承受动荷载的焊缝每批同类型构件抽查 15%，且不应少于 3 件；被抽查构件中，每一类型焊缝应按条数抽查 5%，且不应少于 1 条；每条应抽查 1 处，总抽查数不应少于 10 处。

检验方法：使用焊缝量规和钢尺检查。

采用装配式方式时，维护应符合以下要求：

应定期检查装配件的质量，评估密封寿命，定期进行防锈、防腐处理；针对爬梯、围栏、阀门等附属设施，要定期进行维护；

对钢结构污水处理设施要每年进行变形监测维护，每年对墙板模块的钢板厚度进行检测，防止过度腐蚀；

每个月对污水处理池装有振动设备位置的紧固件进行检验，每 6 个月对所有部位紧固件进行检测。